

GEOLOGI DAN STUDI PROVENAN DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI NGRAYONG DAERAH JAMPRONG DAN SEKITARNYA, KECAMATAN KENDURUAN, KABUPATEN BLORA – TUBAN, JAWA TENGAH – JAWA TIMUR.

Aditya Krisna Putra, Sugeng Widada, Joko Soesilo
Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta
JL. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283
Telp. (0274) 486403, 486733 ; Fax. (0274) 487816 ; Email: geoupn@indosat.net.id

Sari - Daerah telitian termasuk dalam wilayah yang berada di Zona Mandala Rembang. Secara administratif terletak di Daerah Jamprong dan Sekitarnya, Kecamatan Kenduruan, Kabupaten Blora-Tuban, Provinsi Jawa Tengah – Jawa Timur. Secara geografis terletak pada koordinat 567000 mE - 572000 mE dan 9227000 mN – 9233000 mN dengan luas daerah telitian $\pm 30 \text{ km}^2$.

Secara geomorfik, daerah telitian dibagi menjadi satu satuan bentukan asal, yaitu bentukan asal struktural yang terdiri dari : subsatuangeomorfik perbukitan antiklin (S1), subsatuan geomorfik lembah homoklin (S2), dan subsatuan geomorfik perbukitan homoklin (S3). Pola pengaliran yang berkembang pada daerah telitian yaitu radial dan parallel.

Stratigrafi daerah telitian terdiri dari tiga satuan batuan, dari tua ke muda adalah satuan batupasir Ngrayong berumur Miosen Tengah (N.10-N.12). Di atasnya diendapkan secara selaras satuan batugamping Bulu berumur Miosen Tengah (N.13-N.14), lalu diendapkan secara selaras satuan napal Wonocolo berumur Miosen Tengah – Akhir (N.14-N.17). Struktur geologi yang berkembang pada daerah telitian berupa struktur kekar, lipatan yaitu antiklin dengan jenis *steeply inclined gentle plunging fold (inclined fold)* serta sesar mendatar kanan (diperkirakan).

Hasil analisis provenan menunjukkan bahwa batupasir Formasi Ngrayong batuan asalnya yaitu batuan beku plutonik. Kedudukan tektonik batuan asalnya adalah *Craton Interior*. Arah arus purba (*paleocurrent*) berasal dari utara, sedangkan iklim purba (*paleoclimate*) daerah sumber batupasir Formasi Ngrayong adalah iklim lembab (*humid*). Mekanisme transportasi material asal batupasir Formasi Ngrayong yang dominan adalah saltasi.

Hasil analisis fasies pada Formasi Ngrayong menunjukkan bahwa asosiasi fasies di daerah telitian meliputi *Subtidal, Intertidal dan Supratidal*, maka lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong adalah *Tidal flat* pada daerah transisi, sedangkan lingkungan pengendapan batugamping Formasi Ngrayong adalah *Offshore bars & barrier beaches*.

Potensi geologi yang ada pada daerah telitian terdiri dari potensi positif berupa bahan galian golongan C yaitu batupasir dan batugamping, serta adanya mata air. Sedangkan potensi negatif berupa gerakan tanah tipe longsoran.

Kata – kata kunci : Zona Rembang, provenan, arus purba, saltasi, lingkungan pengendapan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Provenan adalah sumber atau asal – usul batuan sedimen, meliputi asal, jarak dan arah transportasi, ukuran dan volume sedimen, litologi batuan asal, serta setting tektonik batuan asal. Studi provenan dilakukan untuk menentukan keadaan iklim dan relief serta posisi tektonik dari material asal suatu batuan sedimen, sedangkan lingkungan pengendapan adalah tempat mengendapnya material sedimen beserta kondisi fisik, kimia, dan biologi yang mencirikan terjadinya mekanisme pengendapan tertentu (Gould, 1972).

Provenan dan lingkungan pengendapan merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui, sebab dengan mengetahuinya dapat diketahui pula proses – proses yang terjadi hingga membentuk batuan yang ada pada saat ini.

Hal – hal tersebut di atas yang menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan pemetaan geologi dengan judul “Geologi, Studi Provenan dan Lingkungan Pengendapan Formasi Ngrayong Daerah Jamprong dan Sekitarnya, Kecamatan Kenduruan, Kabupaten Blora – Tuban, Provinsi Jawa Tengah – Jawa Timur”.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi di daerah telitian, khususnya mengenai provenan dan lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong serta untuk menerapkan ilmu dan teori yang selama ini telah didapatkan di bangku perkuliahan yang nantinya akan diaplikasikan ke dalam lingkungan kerja yang sebenarnya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui geologi dan penyebaran batuan pada daerah telitian. Selain itu untuk mengetahui umur lapisan batuan atau formasi yang diteliti dengan memperhatikan aspek biologi, seperti kandungan fosil yang terdapat pada formasi tersebut, mengetahui sumber/asal batupasir Formasi Ngrayong dengan melihat aspek –

aspek yang terdapat di dalamnya seperti aspek fisik (komposisi dan bentuk mineral kuarsa), serta mengetahui lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong.

Lokasi dan Kesampaian Daerah

Daerah telitian termasuk dalam wilayah yang berada di Zona Mandala Rembang yang secara administratif terletak di Daerah Jamprong dan Sekitarnya, Kecamatan Kenduruan, Kabupaten Blora – Tuban, Provinsi Jawa Tengah – Jawa Timur. Secara geografis terletak pada koordinat 567000 mE - 572000 mE dan 9227000 mN – 9233000 mN dengan luas daerah telitian $\pm 30 \text{ km}^2$.

Daerah telitian dapat dijangkau dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat selama ± 7 jam perjalanan dari Yogyakarta ke daerah telitian. Kondisi jalan tergolong baik yaitu berupa jalan aspal (jalan raya), namun di beberapa titik terdapat jalan berlubang, berbatu, dan bergelombang. Selama melakukan penelitian, penulis menggunakan kendaraan roda dua dan di beberapa tempat dengan berjalan kaki.

HASIL PENELITIAN

Hasil dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui penyebaran litologi, umur, provenan, serta lingkungan pengendapan, khususnya pada Formasi Ngrayong. Hasil ini didapatkan dengan melakukan interpretasi, meneliti dan mengambil sampel di lapangan untuk selanjutnya dilakukan analisa laboratorium, pembuatan peta lintasan, peta geologi, dan peta geomorfologi, serta penampang stratigrafi terukur yang menggambarkan urutan stratigrafi dari tua ke muda.

Geomorfologi

Secara geomorfik, daerah telitian dibagi menjadi satu satuan bentukan asal, yaitu bentukan asal struktural yang terdiri dari : subsatuan geomorfik perbukitan antiklin (S1), subsatuan geomorfik lembah homoklin (S2), dan subsatuan geomorfik perbukitan homoklin (S3). Pola pengaliran yang berkembang pada daerah telitian yaitu radial, dan parallel.

Stratigrafi

Satuan batupasir Ngrayong

Merupakan satuan tertua di daerah telitian. Satuan ini disusun oleh litologi yang terdiri dari batupasir, batulanau, batulempung, lignit, dan batugamping (kalkarenit). Kehadiran batupasir yang dominan menjadi dasar penamaan satuan batuan ini. Struktur sedimen yang ditemukan di satuan ini yaitu perlapisan sejajar, laminasi sejajar, *flaser-bedding*, *cross-bedding*, *herringbone*, *lenticular-bedding*, dan masif.

Berdasarkan hasil pengukuran penampang MS, yaitu pada daerah Jamprong didapatkan ketebalan 16,24 m dan di daerah Bleboh didapatkan ketebalan 13,078 m, sedangkan berdasarkan penampang A-A', B-B', maupun penampang C-C' didapatkan ketebalan $> 200 \text{ m}$.

Kisaran umur pembentukan satuan batupasir Ngrayong pada Miosen Tengah (N.10-N.12) dengan kedalaman 0 - 100 m dilingkungan neritik tepi-tengah.

Satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada fasies *tidal flat* (Berdasarkan model fasies pengendapan *tidal flat* menurut Dalrymple, 1992), sedangkan batugamping pada satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada fasies *offshore bars & barrier beaches* (Berdasarkan model fasies pengendapan *mix carbonate-clastic* menurut Richard C. Selley, 1968).

Satuan batugamping Bulu

Satuan ini diendapkan secara selaras di atas satuan batupasir Ngrayong. Disusun oleh litologi yang terdiri dari batugamping, batugamping pasiran, dan napal. Batugamping merupakan litologi yang paling dominan. Secara umum struktur sedimen yang ditemukan di satuan ini yaitu perlapisan sejajar.

Berdasarkan hasil pengukuran penampang MS, yaitu pada daerah Jamprong didapatkan ketebalan 28,84 m, di daerah Gunungwangon 10,15 m, dan di daerah Bleboh didapatkan ketebalan 43,078 m, sedangkan berdasarkan penampang A-A' didapatkan ketebalan 230 m, penampang B-B' didapatkan ketebalan 295 m, dan penampang C-C' didapatkan ketebalan 300 m.

Kisaran umur pembentukan satuan batugamping Bulu pada Miosen Tengah (N.13-N.14) dengan kedalaman 20 - 200 m dilingkungan neritik tengah - luar.

Satuan batugamping Bulu diendapkan pada fasies *inner shelf* (James, 2003 (dalam Gary Nichols, 2009)).

Satuan napal Wonocolo

Satuan ini diendapkan secara selaras di atas satuan batugamping Bulu, disusun oleh litologi yang terdiri dari napal, napal pasiran, batugamping, dan batugamping pasiran. Napal merupakan litologi yang paling dominan. Secara umum struktur sedimen yang ditemukan di satuan ini yaitu perlapisan sejajar dan masif.

Berdasarkan hasil pengukuran penampang MS, yaitu pada daerah Gunungwangon didapatkan ketebalan 104,75 m dan di daerah Bleboh didapatkan ketebalan 23,61 m, sedangkan berdasarkan penampang A-A' didapatkan ketebalan 352 m dan pada penampang B-B' didapatkan ketebalan 330 m.

Kisaran umur pembentukan satuan napal Wonocolo pada Miosen Tengah - Miosen Akhir (N.14-N.17) dengan kedalaman 20 - 500 m dilingkungan neritik tengah – bathial atas.

Satuan napal Wonocolo diendapkan pada fasies *outer shelf* (James, 2003 (dalam buku *Sedimentology and Stratigraphy*, Gary Nichols, 2009)).

Struktur Geologi

Struktur geologi daerah telitian merupakan bagian dari Antiklinorium Rembang (Bemmelen, 1949) dengan sumbu antiklin yang berarah barat - timur dan barat laut - tenggara.

Pembagian struktur geologi daerah telitian didasarkan pada analisis struktur geologi dengan memakai data lapangan sebagai variabel ukuran yang dipakai untuk melakukan pekerjaan analisa, rekonstruksi peta dan penampang. Data-data struktur geologi tersebut meliputi kekar, kedudukan lapisan batuan dan interpretasi peta topografi.

Struktur geologi yang terdapat pada daerah telitian adalah struktur kekar, struktur lipatan berupa antiklin yang termasuk dalam Antiklin Jamprong, serta sesar mendatar kanan (diperkirakan).

Sejarah Geologi Daerah Telitian

Sejarah geologi di daerah telitian dimulai pada kala N.10 - N.12 (Miosen Tengah) dimana diendapkan satuan batupasir Ngrayong yang merupakan satuan batuan tertua pada daerah telitian. Satuan ini diendapkan pada lingkungan transisi (*tidal*). Kemudian pada kala N.13 - N.14 (Miosen Tengah) diendapkan satuan batugamping Bulu secara selaras di atas satuan batupasir Ngrayong. Satuan ini diendapkan di zona neritik tepi - neritik luar (lingkungan *inner shelf*).

Pada kala N.14 – N.17 (Miosen Tengah – Miosen Akhir), di atas satuan batugamping Bulu diendapkan satuan napal Wonocolo secara selaras. Satuan ini diendapkan di zona neritik tengah – bathial (lingkungan *outer shelf*). Selanjutnya pada kala Miosen – Pliosen terjadi proses tektonik kompresi yang membentuk struktur-struktur berupa lipatan (antiklin) dan sesar pada daerah telitian.

Pada zaman Kuarter terjadi proses-proses eksogen, seperti pelapukan dan erosi sehingga menyebabkan lapisan yang berumur lebih tua tersingkap dipermukaan.

PROVENAN FORMASI NGRAYONG

Pembahasan provenan mineral kuarsa pada batupasir di daerah telitian dilakukan terhadap beberapa contoh batuan yang disayat maupun diamati dengan bantuan mikroskop binokuler (analisis mineralgrafi). Lokasi pengambilan sampel dipilih di beberapa tempat pada Formasi Ngrayong di daerah telitian dengan pertimbangan bahwa lokasi tersebut dianggap mewakili lapisan batupasir paling tua - paling muda dan mewakili sebaran batupasir di daerah telitian.

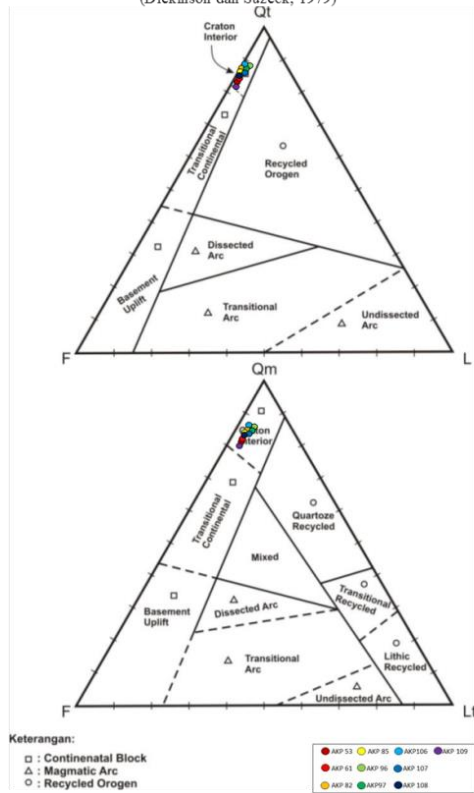
Batuan Asal Formasi Ngrayong

Berdasarkan hasil analisis petrografi, didapatkan bahwa jumlah mineral kuarsa plutonik pada beberapa conto batuan sangat dominan (72-63%) dibandingkan mineral kuarsa vulkanik maupun mineral kuarsa metamorf. Sehingga penulis menginterpretasikan bahwa batuan asal dari batupasir Formasi Ngrayong adalah batuan beku plutonik.

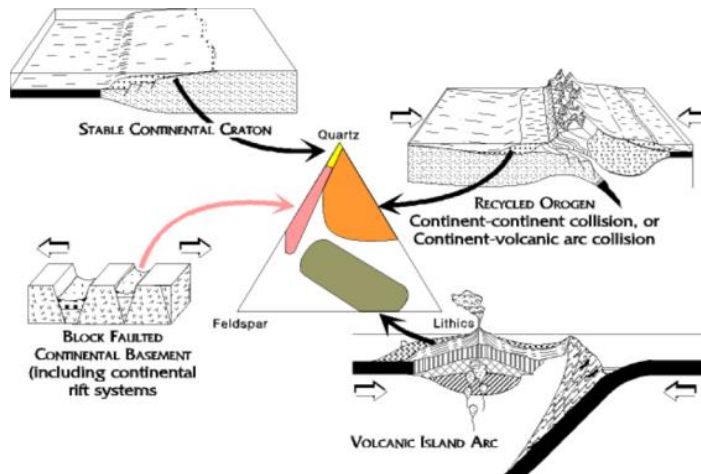
Kedudukan Tektonik Batuan Asal Batupasir Formasi Ngrayong

Berdasarkan analisis provenan dengan menghitung kehadiran kuarsa, feldspar dan lithik (fragmen batuan) baik secara mineralgrafi maupun petrografi (Gambar 1), didapatkan hasil bahwa posisi tektonik batuan asal batupasir Formasi Ngrayong yaitu *Craton Interior* (mengacu pada diagram segitiga Dickinson dan Suzcek, 1979). Batuan asal *Craton Interior* berasal dari sumber sedimen yang berasal dari tameng benua dan bagian luar benua atau dari bagian dasar suatu blok patahan (Gambar 2) yang mempunyai ciri – ciri batuan kaya akan mineral monokristalin kuarsa dan mineral kuarsa tersebut mempunyai ciri – ciri sudut pepadaman sejajar (khas pada batuan beku).

Posisi Tektonik Batuan Asal (Provenan) Batupasir Ngrayong
(Dickinson dan Suzeck, 1979)



Gambar 1. Analisis provenan daerah telitian



Gambar 2. Batuan asal *Craton Interior*

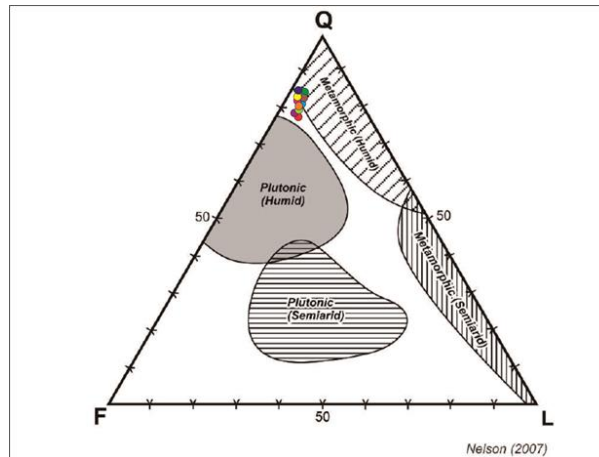
Arah Arus Purba (*Paleocurrent*)

Berdasarkan pengamatan terhadap struktur *cross-bedding* pada beberapa lokasi di daerah telitian, didapatkan hasil bahwa arah arus purba dari utara menuju selatan. Hal ini menunjukkan bahwa material asal batupasir Formasi Ngrayong dominan berasal dari arah utara.

Iklim Purba Daerah Sumber (*Paleoclimate*)

Iklim sangat berperan dalam proses geologi, khususnya pelapukan batuan. Batuan yang berada pada iklim lembab (*humid*) akan mengalami proses pelapukan yang lebih intensif daripada batuan yang berada pada iklim *semi arid* hingga kering (*arid*).

Berdasarkan pengeplotan pada diagram QFL, Gambar 3 (Nelson, 2007) didapatkan hasil bahwa daerah sumber batupasir Formasi Ngrayong berada pada iklim lembab (*humid*). Hal ini juga ditunjukkan oleh melimpahnya mineral kuarsa yang merupakan mineral resisten.



Gambar 3. Analisa iklim daerah telitian menggunakan diagram QFL

Mekanisme Transportasi

Berdasarkan hasil analisis granulometri, didapatkan bahwa batupasir pada daerah telitian cenderung memiliki ukuran butir sedang – kasar (*coarse*) dengan derajat pemilahan baik (ukuran butir *relative seragam*). Material – material tersebut mengalami transportasi dari sumber menuju lokasi terendapkan dengan mekanisme traksi, saltasi, maupun suspensi, dimana mekanisme saltasi paling dominan.

Lingkungan Pengendapan Formasi Ngrayong

Lingkungan pengendapan dapat ditentukan dari struktur sedimen yang terbentuk. Struktur sedimen tersebut digunakan secara meluas dalam memecahkan beberapa macam masalah geologi, sebab struktur ini terbentuk pada tempat dan waktu pengendapan, sehingga merupakan petunjuk yang sangat berguna untuk interpretasi lingkungan pengendapan. Dalam menentukan lingkungan pengendapan, penulis menggunakan analisis fasies.

Litofasies

Jenis – jenis litofasies yang didapatkan di daerah telitian antara lain :

- Batupasir berstruktur flaser (*flaser sandstone*)
- Batupasir berstruktur perlapisan sejajar (*stratified sandstone*)
- Batulanau / batulempung berstruktur perlapisan sejajar (*stratified fine*)
- Batulempung berstruktur lentikuler (*lenticular claystone*)
- Batupasir berstruktur herringbone (*herringbone sandstone*)
- Batupasir berstruktur laminasi sejajar (*laminated sandstone*)
- Batupasir berstruktur planar cross bedding (*planar cross- bedded sandstone*)
- Lignit berstruktur perlapisan sejajar (*stratified lignite*)
- Batupasir berstruktur trough cross bedding (*trough cross- bedded sandstone*)
- Batulanau berstruktur laminasi sejajar (*laminated fine*).
- Batugamping berstruktur perlapisan sejajar (*stratified packstone*)

Asosiasi Fasies

Dari hasil analisis fasies pada batupasir Formasi Ngrayong, secara umum asosiasi fasies yang terdapat pada daerah telitian terbagi menjadi tiga, yaitu :

Tidal channel (Subtidal)

Tidal channel merupakan bagian dari subtidal pada lingkungan tidal flat. *Tidal channel* dicirikan dengan litologi batupasir dengan struktur *herringbone*. *Tidal channel* disusun oleh batuan sedimen klastik berbutir kasar.

Sand Flat, Mixed Flat, dan Mud Flat (Intertidal)

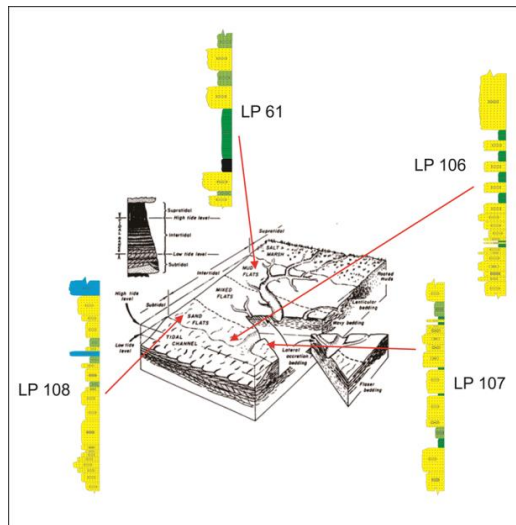
Asosiasi dari fasies Ss, Scs dan Sfl dapat diinterpretasikan sebagai endapan *sand flat* yang terletak di lingkungan intertidal. Litologi penyusunnya di dominasi oleh batupasir kuarsa berukuran pasir halus – pasir kasar (1/8-1 mm), dengan struktur sedimen perlapisan (*stratified*), flaser dan silang-siur (*cross-bedded*). Sedangkan asosiasi fasies antara Sfl, Ss dan Fs dapat diinterpretasikan sebagai endapan *mixed flat*. Litologi penyusunnya berupa perselingan antara batupasir dengan batulempung.

Supratidal

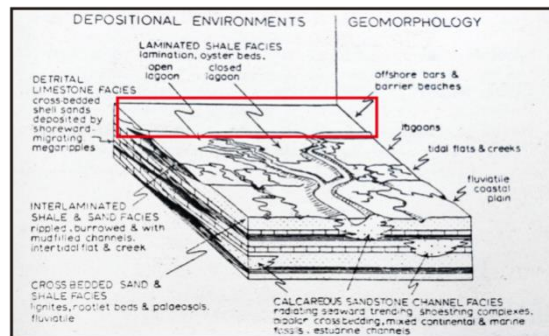
Asosiasi fasies *supratidal* dicirikan oleh munculnya batubara (lignit) berwarna hitam dengan struktur perlapisan. Lignit tersebut mencirikan adanya level pasang surut yang tinggi. Supratidal merupakan bagian atas dari endapan *tidal flat*.

Lingkungan Pengendapan Formasi Ngrayong

Dari hasil analisis profil Formasi Ngrayong (Gambar 4) didapatkan asosiasi fasies *Subtidal*, *Intertidal* dan *Supratidal*, maka lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong ialah *Tidal flat* (berdasarkan model fasies menurut Dalrymple, 1992), sedangkan batugamping pada Formasi Ngrayong (Gambar 5) lingkungan pengendapannya adalah *Offshore bars & barrier beaches* (berdasarkan model fasies *mix carbonate-clastic* menurut Richard C. Selley, 1968)



Gambar 4. Analisis profil Formasi Ngrayong



Gambar 5. Analisis lingkungan pengendapan batugamping Formasi Ngrayong

Potensi Geologi

Potensi geologi ialah kemampuan alam untuk dapat menghasilkan suatu produk dari hasil proses-proses geologi yang bekerja, baik produk yang bermanfaat (positif) maupun produk yang dapat menimbulkan kerugian (negatif) bagi masyarakat. Daerah penelitian secara geologi memiliki potensi, baik potensi positif maupun potensi negatif.

Potensi geologi yang ada pada daerah telitian terdiri dari potensi positif berupa bahan galian golongan C yaitu batupasir dan batugamping, serta adanya mata air. Sedangkan potensi negatif berupa gerakan tanah tipe longsoran.

KESIMPULAN

1. Secara geomorfik, daerah telitian dibagi menjadi satu satuan bentukan asal, yaitu bentukan asal struktural yang terdiri dari subsatuan geomorfik perbukitan antiklin (S1), subsatuan geomorfik lembah homoklin (S2), dan subsatuan geomorfik perbukitan homoklin (S3). Pola pengaliran yang berkembang pada daerah telitian yaitu radial dan parallel sebagai perkembangan dari pengaruh struktural berupa antiklin, lapisan miring, serta sesar yang bekerja.
2. Stratigrafi daerah telitian terdiri dari tiga satuan batuan, dari tua ke muda adalah satuan batupasir Ngrayong berumur Miosen Tengah (N.10-N.12), di atasnya diendapkan secara selaras satuan batugamping Bulu berumur Miosen Tengah (N.13-N.14), lalu diendapkan secara selaras satuan napal Wonocolo berumur Miosen Tengah – Akhir (N.14-N.17).
3. Struktur geologi yang berkembang pada daerah telitian berupa struktur kekar, lipatan yaitu antiklin dengan jenis *steeply inclined gentle plunging fold (inclined fold)*, serta sesar mendatar kanan (diperkirakan). Struktur-struktur tersebut merupakan produk dari suatu mekanisme tektonik kompresi pada zaman Neogen.
4. Hasil analisis provenan menunjukkan bahwa batupasir Formasi Ngrayong batuan asalnya yaitu batuan beku plutonik. Kedudukan tektonik batuan asalnya adalah *Craton Interior*. Arah arus purba menunjukkan bahwa sumber materialnya berasal dari arah utara, sedangkan iklim purba daerah sumber batupasir Formasi Ngrayong adalah iklim lembab (*humid*).
5. Berdasarkan analisis granulometri, didapatkan hasil bahwa batupasir pada daerah telitian cenderung memiliki ukuran butir sedang – kasar (*coarse*) dengan derajat pemilahan baik (ukuran butir relatif seragam). Butiran-butiran tersebut mengalami transportasi dari sumbernya menuju lokasi terendapkan dengan mekanisme traksi, saltasi, maupun suspensi, dimana mekanisme saltasi paling dominan.
6. Hasil analisis fasies pada Formasi Ngrayong menunjukkan bahwa asosiasi fasies di daerah telitian meliputi *Subtidal, Intertidal dan Supratidal*, maka lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong adalah *Tidal flat* pada daerah transisi, sedangkan lingkungan pengendapan batugamping Formasi Ngrayong adalah *Offshore bars & barrier beaches*.
7. Potensi geologi yang ada pada daerah telitian terdiri dari potensi positif berupa batupasir dan batugamping, serta adanya mata air. Sedangkan potensi negatif berupa gerakan tanah tipe longsoran.

DAFTAR PUSTAKA

- Blow, W. H., 1969, *Late Middle Eocene To Recent planktonic biostratigraphy*. International conference planktonic microfossil 1st, 1967, Geneva, vol. 1, p 199 -422.
- Boggs, S., 1987, *Principles of Sedimentary and Stratigraphy*, Merril Publishing Company, a Bdl and Howel Company, Columbus, Ohio.
- Boggs, S., 2009, *Petrology of Sedimentary Rocks*, Cambridge University Press, New York.
- Dickinson, W. R. and Suczek, C.A., 1979, Plate Tectonics and Sandstone Composition, *Bulletin of American Association of Petroleum Geologist*.V.63, no 12, P. 2164-2182, 7 Fig., 1 Table.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of Carbonate Rock According to Depositional Texture, In Han, W. E. (ed) 1962, Classification of Carbonate Rock, *Bulletin of AAPG*. Men 1, 108 – 121.
- Folk, R. L., 1974, *Petrology of Sedimentary Rocks*, The University of Texas
- Kadar, Darwin and Sudijono, 1993, *Geologi Lembar Rembang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Koesoemadinata, R. P., 1980, *Geologi Minyak dan Gas Bumi* (Edisi kedua jilid 1), ITB, Bandung.
- Koesoemadinata, R. P., 1981, *Prinsip – Prinsip Sedimentasi*, ITB, Bandung.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996, *Sandi Stratigrafi Indonesia IAGI*.
- Krynine, P. D., 1940, *Petrology and genesis of the third Bradford Sand*. Penn. st.ColI.29: 19.
- Maha, M., 1995, Biozonasi, Paleobatimetri dan Pemerian Sistematis Foraminifera Kecil Sumur TO-04, Sumur TO-08 dan Sumur-95 Daerah Cepu dan Sekitarnya Cekungan Jawa Timur Utara. *Thesis S2*, Bidang Ilmu Kebumian ITB, Bandung, (Tidak dipublikasikan).
- Nelson, S. A., 2007, Petrology: Sandstone and conglomerate, ([http : // www.tulane.edu ~ sanelson/geol](http://www.tulane.edu/~sanelson/geol) 212).
- Nichols, Gary., 2009, *Sedimentology and Stratigraphy*, John Wiley & Sons Ltd, UK.
- Pettijohn, F. J., 1969, *Sedimentary rock*, second edition, Oxford and IBH pub.Co.
- Postuma, J. A., 1971, *Manual of planktonic foraminifera*, Elsevier Publishing Company, New York.
- Pringgoprawiro, H. dan Sukido, 1992, *Geologi Lembar Bojonegoro*, Jawa, Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 23 h.

- Selley, R. C., 1985, *Ancient Sedimentary Environment and their sub-surface diagnosis*, Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Selley, R. C., 2000, *Applied Sedimentology*, Royal School of Mines Imperial College of Science, Technology, and Medicine, London, United Kingdom.
- Tucker, M. E., 2003, *Sedimentary Rocks in the Field*, Department of Geological Sciences University of Durham, UK.
- Walker, R. G., 1980, *Facies Models*, Geological Association of Canada.
- Walker, R. G., James, N. P., 1992, *Facies Models Response to Sea Level Change*, Geological Association of Canada.
- Yohannes, P. K., 1993, *Stratigrafi Sekuen Rembang – Kendeng Kala Miosen Tengah – Akhir Daerah Jawa Timur*, Thesis Magister, Jurusan Teknik Geologi ITB, (Tidak dipublikasikan).